

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. Mai 2001 (25.05.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/36144 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B23K 20/12**

Meyn (DE). DOS SANTOS, Jorge [BR/DE]; Heiligegeiststrasse 23, 21335 Lüneburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/04054**

(74) Anwalt: **NIEDMERS & SEEMANN**; Van-der-Smissen-Strasse 3, 22767 Hamburg (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
17. November 2000 (17.11.2000)

(81) Bestimmungsstaat (national): **US**.

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
199 55 737.3 18. November 1999 (18.11.1999) **DE**

Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

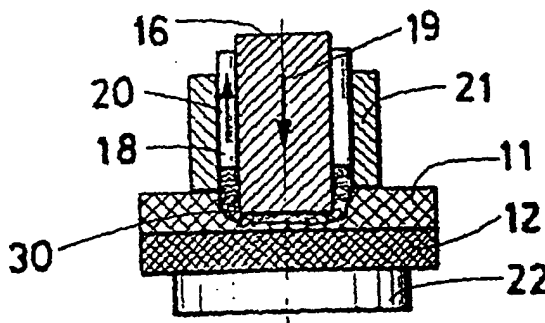
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **GKSS-FORSCHUNGSZENTRUM GEESTHACHT GMBH** [DE/DE]; Max-Planck-Strasse, 21502 Geesthacht (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHILLING, Christoph** [DE/DE]; Handewitter Strasse 6a, 24980

(54) Title: **METHOD AND DEVICE FOR LINKING AT LEAST TWO ADJOINING WORK PIECES BY FRICTION WELDING**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM VERBINDEN VON WENIGSTENS ZWEI ANEINANDERLIEGENDEN WERKSTÜCKEN NACH DER METHODE DES REIBSCHWEISSENS**



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device (10) for linking at least two adjoining work pieces (11, 12) by friction welding. Said work pieces (11, 12) include a zone of connection (13) between them that comprises a rotation-driven shaft (14) at whose end (15) facing away from the drive a pin-like projection (16) is provided which at least partially plastifies the zone of connection (13) of the work pieces (11, 12) when rotating and contacting said zone of connection (13). Said pin-like projection (16) can be displaced in a substantially longitudinal direction relative to its axis of rotation (17) so that it traverses the plastifying material (30) of at least one first work piece (11) oriented in direction of the pin-like projection (16) and at least partially extends into a last lower plastifying work piece (12). The pin-like projection (16) is then retracted

from the work pieces (11, 12) so that the plastifying material (30) of all work pieces (11, 12) is combined.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung (10) zum Verbinden von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken (11, 12) nach der Methode des Reibschweisens vorgeschlagen, wobei die Werkstücke (11, 12) dabei einen Verbindungsbereich (13) zwischen sich einschliessen, umfassend eine rotierend angetriebene Achse (14), an deren antriebsabgewandtem Ende (15) ein stiftartiger Vorsprung (16) ausgebildet ist, der bei seiner Rotation in Kontakt mit dem Verbindungsbereich (13) der Werkstücke (11, 12) den Verbindungsbereich (13) wenigstens teilweise plastifiziert. Der stiftartige Vorsprung (16) ist im wesentlichen längs seiner Drehachse (17) durch den sich plastifizierenden Werkstoff (30) wenigstens eines ersten zum stiftartigen Vorsprung (16) gerichteten Werkstücks (11) hindurch bis wenigstens teilweise in ein letztes unteres sich plastifizierendes Werkstück (12) hinein bewegbar. Nachfolgend wird der stiftartige Vorsprung (16) wieder aus den Werkstücken (11, 12) herausbewegt, so dass sich der plastifizierte Werkstoff (30) aller Werkstücke (11, 12) verbindet.

WO 01/36144 A1

Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens

#### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens, wobei die Werkstücke dabei einen Verbindungsbereich zwischen sich einschließen, mittels eines rotierend angetriebenen stiftartigen Vorsprungs, der bei seiner Rotation in Kontakt mit dem Verbindungsbereich der Werkstücke den Verbindungsbereich wenigstens teilweise plastifiziert, und eine Vorrichtung, mit der ein derartiges Verfahren ausgeführt werden kann.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung ähnlicher Art sind bekannt (EP-B-0 615 480). Das Reibschweißen, vielfach auch FSW (Friction Stir Welding) genannt, ist vom

Grundsatz her seit mehreren Jahren bekannt und ist immer weiterentwickelt worden. Ursprünglich wurde das Reibschweißen derart ausgeführt, daß zwei Werkstücke, die miteinander durch Reibschweißung verbunden werden sollen, gegeneinander im gewünschten Verbindungsbereich bewegt werden und dabei mit einer voreinstellbaren Kraft gegeneinander gedrückt werden. Durch die durch die Reibung entstehende Wärme erfolgt letztlich eine Plastifizierung des Werkstoffs der Werkstücke in dem Verbindungsbereich. Ist der Werkstoff ausreichend plastifiziert, kann zumindest im oberflächennahen Bereich der Verbindung eine ausreichende Durchmischung der Werkstoffe beider Werkstücke erfolgen, so daß bei Abkühlung die gewünschte Schweißverbindung zwischen beiden Werkstücken ausgebildet wird.

Bei dem eingangs genannten Verfahren bzw. der eingangs genannten Vorrichtung wird ein stiftartiger Vorsprung von einem Antrieb bzw. einem Motor in geeignet große Rotation versetzt, an den Stirnbereich zweier zu verbindender, nahezu stoßartig aneinander gelegter Werkstücke angesetzt und der stiftartige Vorsprung wird geeignet geführt, was beispielsweise mit einer speziellen Führungsvorrichtung oder auch mit einem Roboter geschehen kann, und zusätzlich beispielsweise in eine Translationsbewegung längs der Stoßkanten beider zu verbindender Werkstücke versetzt. Ist nach Beginn des Schweißvorganges durch die infolge der Rotation des stiftartigen Vorsprungs mit dem Werkstoff der Werkstücke der angrenzende Werkstoffbereich erzeugte Reibungswärme mit dem Werkstoff der Werkstoff ausreichend plastifiziert, wird unter Aufrechterhaltung der Rotationsbewegung des stiftartigen Vorsprungs die Translationsbewegung längs der Stoßkante zwischen den beiden Werkstücken

ausgeführt, so daß beispielsweise eine Längsnaht ausgebildet wird.

Es ist bekannt, daß zum Verbinden zweier oder mehrerer metallischer Werkstücke sogenannte Punktschweißverbindungen hergestellt werden können, die vielfach gegenüber Niet- oder auch Schraubverbindungen den Vorteil haben, daß zur Ausbildung der Punktschweißverbindung keine zusätzlichen Verbindungselemente (Niete, Schrauben und dergleichen) verwendet werden müssen, und daß zudem die Punktschweißverbindung den Vorteil hat, daß die Ausbildung einer Punktschweißverbindung schneller vonstatten gehen kann, da keine die Niete bzw. die Schrauben aufnehmenden, die Werkstücke durchquerenden Bohrungen ausgebildet werden müssen, durch die die Niete bzw. die Schrauben hindurchgesteckt und dann durch die Ausbildung eines Nietkopfes bzw. das Verschrauben mit einer Mutter gegeneinander gedrückt bzw. miteinander verbunden werden müssen.

Während die Ausbildung einer Punktschweißverbindung zweier aneinanderliegender zu verbindender Werkstücke aus Eisen bzw. Stahl einschließlich seiner Legierungen mehr oder weniger unproblematisch mit handelsüblichen, eingeführten Punktschweißvorrichtungen durchzuführen möglich ist, ist die Ausbildung einer Punktschweißverbindung bei zwei oder mehreren aneinanderliegenden, zu verbindenden Werkstücken aus Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen, wie sie beispielsweise im Flugzeugbau aber auch im Kraftfahrzeugbau Verwendung finden, bisher nach wie vor problematisch. Das hat seinen Grund darin, daß Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft im Oberflächenbereich eine äußerst hinderliche Oxidschicht bildet, die einerseits einen beträchtlichen elektrischen Widerstand zwischen den zu

verbindenden Werkstücken bildet und zudem in dem bei der Ausführung der Widerstandspunktschweißverbindungen entstehenden aufgeschmolzenen Schweißlinse enthalten ist, so daß Störungen aus Aluminiumoxiden in den plastifizierten Bereich der zu verbindenden Werkstücke eingelagert sind. Das führt dazu, daß die an sich im Idealfall gute Punktschweißverbindungen herkömmlicher Art insbesondere bei zu verbindenden Werkstücken aus Aluminium nicht die Festigkeit zeigen, die in vielen Verbindungsfällen unbedingt erforderlich sind.

Aus diesem Grunde ist insbesondere im Flugzeugbau, wo es bekanntermaßen auf allerhöchste Verbindungsgüten bei der Verbindung von Werkstücken ankommt, trotz vielfältiger Versuche und trotz des tatsächlich auch erfolgten Einsatzes von Punktschweißverbindungen herkömmlicher Art zur Ausbildung der erwähnten Nietverbindungen zwischen zu verbindenden Werkstücken zurückgegangen worden. Gleiches gilt sinngemäß auch für die Kraftfahrzeugindustrie, in der in zunehmendem Maße auch Aluminiumkonstruktionen im Chassis- und Karosseriebereich eingesetzt werden.

Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen eine hochfeste und hochbelastbare Verbindung zwischen zu verbindenden metallischen und auch nichtmetallischen Werkstücken auf einfache Weise möglich ist, ohne daß zusätzliche Verbindungselemente zur Ausbildung der Verbindung benötigt werden, die mit hoher Präzision und reproduzierbar auf einfache Weise an die Menge der Werkstücke zur Ausbildung einer diese gemeinsam verbindenden Verbindung angepaßt werden können, die geeignet sind, werkstoffoxidfremde Verbindungen auszubilden und quasi eine ebene geschlossene Oberfläche auf beiden

Seiten des Verbindungsortes nach Ausführung des Verbindungsvorganges gewährleisten können, wobei das Verfahren und die Vorrichtung einfach ausgeführt bzw. einfach realisiert werden können soll, und wobei das Verfahren und die Vorrichtung auch zur Anwendung mit bzw. in Fertigungsrobotern geeignet sein sollen.

Gelöst wird die Aufgabe gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch, daß der stiftartige Vorsprung zur Ausführung einer Punktschweißverbindung durch den sich plastifizierenden Werkstoff wenigstens des ersten vom stiftartigen Vorsprung erfaßten oberen Werkstücks hindurch bis wenigstens teilweise in ein letztes unteres sich plastifizierendes Werkstück hinein und nachfolgend wieder aus den Werkstücken herausbewegt wird, so daß sich der plastifizierte Werkstoff aller Werkstücke verbindet.

Der plastifizierte Werkstoff wird dabei aufgefangen und bei der Herausbewegung des stiftartigen Vorsprungs in den Hohlraum zurückgepreßt.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht im wesentlichen darin, daß, anders als bei den bisherigen unterschiedlichen Verfahren zur Verbindung zweier oder mehrerer Werkstücke, keine Vorbereitung des Verbindungsortes erforderlich ist. Es müssen keine Löcher in den Werkstücken gebohrt werden, es sind keine zusätzlichen Verbindungsmittel erforderlich, es ist kein gesonderter Arbeitsvorgang, wie beispielsweise die Ausbildung eines Nietkopfes oder das Verschrauben einer Schraubverbindung mit einer Mutter und dergleichen, erforderlich, d.h. es entsteht, anders als beim Bolzenreibschweißen weder ein Wulst aus plastifiziertem Werkstoff sowie weder ein Loch noch eine Vertiefung, und

es ist auch bei der Verwendung von Werkstücken aus Aluminium, Aluminiumlegierungen und sonstigen Leichtmetallen bzw. Legierungen, die erfindungsgemäß verbunden werden sollen, nur in sehr untergeordneter Form mit der Einbindung von geringen Oxidmengen zu rechnen, da der gesamte Verbindungsbereich aller zu verbindender Werkstücke plastifiziert und durchmischt wird, d.h. oberflächennahe Einbindungen von Oxidmengen, wie beim klassischen Punktschweißen, nicht auftreten können. Da sich der gesamte plastifizierte Werkstoff nach Ausführung des erfindungsgemäßen Verbindungsvorganges wiederum in den im Zuge der Ausführung des Verfahrens in den Werkstücken gebildet habenden Loches im Verbindungsbereich in das Loch zurückgepreßt wird, ist die Oberfläche auf der aktiven Seite, d.h. der Seite, die durch den stiftartigen Vorsprung beaufschlagt wird, völlig eben, wohingegen die Gegenseite, die durch das verfahrensmäßig letzte zu verbindende Werkstück gebildet wird, per se eben ist, da bei der Ausführung des Verfahrens diese nicht durchquert wird.

Um zu verhindern, daß bei der Ausführung des Verfahrens der durch das Eindringen des rotierenden stiftartigen Vorsprungs in das erste Werkstück hinein und durch die Werkstücke hindurch bzw. in das untere Werkstück hinein verdrängte Werkstoff unkontrolliert in die Umgebung abfließt und somit für die Ausführung der Verbindung nicht mehr zur Verfügung steht, wird der verdrängte Werkstoff vorzugsweise in der unmittelbaren Umgebung des rotierenden stiftartigen Vorsprungs gehalten.

Dabei wird vorteilhafterweise der verdrängte Werkstoff nach Abschluß der Plastifizierung der Werkstücke in wenigstens annähernd gleichem Maße, wie der stiftartige Vorsprung aus den Werkstücken herausbewegt wird, in die

sich während der Plastifizierung ausgebildet habenden Löcher in den Werkstücken zurückgeführt, so daß sichergestellt ist, daß der gesamte plastifizierte Werkstoff die Schweißverbindung bildet und die Oberfläche des Werkstücks, von der aus der stiftartige Vorsprung in die Werkstücke eindringt, nach Abschluß der Ausbildung einer Verbindung wiederum vollständig plan ist. So steht gleichzeitig, anders als beim Bolzenreibschweißen, ein sehr großer tragender Querschnitt unter Scherbelastung zur Verfügung, was einer hohen ertragbaren Last gleichkommt.

Um für einen schnelleren Verfahrensablauf zu sorgen, ist es vorteilhaft, die zu verbindenden Werkstücke im Bereich der auszuführenden Punktschweißverbindung zu erwärmen, wobei es vorteilhaft sein kann, die zu verbindenden Werkstücke sowohl von der Seite, von der die Punktschweißverbindung ausgeführt wird, als auch von der dazu abgewandten Seite aus zu erwärmen. Diese Maßnahmen haben den Vorteil, daß nicht der gesamte Wärmeeintrag bei der Ausführung der erfindungsgemäßen Punktschweißverbindung durch Reibungswärme erfolgen muß, sondern eine gezielte Vorerwärmung dazu führt, daß lediglich die Differenzwärme zwischen Wärmeeintrag von außen und der durch die Reibschweißung erzeugten Wärme für die Plastifizierung des Werkstoffs durch den Reibschweißvorgang erfolgen muß.

Durch diese Maßnahme wird, wie angestrebt, der erfindungsgemäße Verfahrensablauf erheblich beschleunigt.

Die Vorrichtung zum Verbinden von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens ist dadurch gekennzeichnet, daß der



stiftartige Vorsprung im wesentlichen längs seiner Drehachse durch den sich plastifizierenden Werkstoff wenigstens eines ersten vom stiftartigen Vorsprung erfaßten Werkstücks hindurch bis wenigstens teilweise in ein letztes unteres sich plastifizierendes Werkstück hineinbewegbar ist.

Dabei gibt die den stiftartigen Vorsprung umschließende Hülle gleichzeitig den Raum für den plastifizierten Werkstoff frei.

Der Vorteil, der durch die erfindungsgemäße Vorrichtungslösung erreicht wird, entspricht im wesentlichen dem Vorteil, der oben im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Verfahrenslösung genannt worden ist. Die Drehgeschwindigkeit des stiftartigen Vorsprungs ist dabei in Abhängigkeit der Werkstücke, der Anzahl der Werkstücke und des Werkstoffs der Werkstücke wählbar und einstellbar. Zudem kann die Drehgeschwindigkeit des stiftartigen Vorsprungs auch im Zuge der Ausbildung der Verbindung selbst variiert werden, insbesondere dann, wenn der stiftartige Vorsprung wenigstens teilweise in ein letztes unteres, sich plastifizierendes Werkstück hineinbewegt wird, d.h. um zu verhindern, daß die Plastifizierung derart im unteren Werkstück stattfindet, um ein Durchbrechen der äußeren Oberfläche des unteren Werkstücks bzw. eine Plastifizierung dieser Oberfläche zu vermeiden.

Bei einer anderen erfindungsgemäßen Lösung der Vorrichtung zum Verbinden von wenigstens zwei aufeinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens, bei der die Werkstücke dabei einen Verbindungsbereich zwischen sich einschließen und vorrichtungsseitig eine rotierend antreibbare Achse vorgesehen ist, an der ein

Reibschweißwerkzeug angeordnet ist, ist lösungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß als Reibschweißwerkzeug ein Hülsenelement vorgesehen ist, das durch die Achse angetrieben wird und bei seiner Rotation in Kontakt mit dem Verbindungsbereich des zum Hülsenelement gerichteten Werkstücks bringbar ist, wobei das Hülsenelement im wesentlichen längs seiner Drehachse durch den sich plastifizierenden Werkstoff wenigstens des ersten Werkstücks hindurch bis wenigstens teilweise in ein letztes unteres sich plastifizierendes Werkstück hinein bewegbar ist.

Auch bei diesem weiteren Lösungsweg der Vorrichtung wird auf die Vorteile im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und dem erfindungsgemäßen ersten Lösungsweg für eine Vorrichtung verwiesen, wobei aber dieser zweite Lösungsweg für bestimmte Anwendungsfälle den Vorteil hat, daß durch das Hülsenelement als Reibschweißwerkzeug ein größerer Schweißpunktdurchmesser erreicht wird.

Vorteilhafterweise ist der stiftartige Vorsprung bei der ersten Lösung von einem mit diesem zusammen rotierend antreibbaren ersten Hülsenelement umgeben, wobei bei axialer Bewegung des stiftartigen Vorsprungs in die Werkstücke hinein bzw. durch diese hindurch das erste Hülsenelement eine Bewegung in entgegengesetzter axialer Richtung ausführt. Somit wird der durch die Plastifizierung infolge des Eindringens des stiftartigen Vorsprungs in die Werkstücke hinein ausgeübte Bewegungsvorgang gezielt zur axialen Verschiebung der ersten Hülse in axial entgegengesetzter Richtung zur Eindringrichtung des stiftartigen Vorsprungs in die Werkstücke hinein genutzt, wobei die erste Hülse sich dann, wenn die gewünschte Tiefe des Schweißpunktes erreicht ist und der

stiftartige Vorsprung aus den Werkstücken herausgeleitet wird, in axial dazu entgegengesetzter Richtung wieder auf die Werkstücke zu bewegt, um den plastifizierten Werkstoff gezielt in den Plastifizierungsbereich der Werkstücke hineinzudrücken.

Bei der zweiten vorgeschlagenen Lösung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es ebenfalls vorteilhaft, daß das stiftartige Hülselement in seinem Innenraum einen stiftartigen Vorsprung aufweist, wobei bei axialer Bewegung des Hülselementes in die Werkstücke hinein bzw. durch diese hindurch der stiftartige Vorsprung eine Bewegung in entgegengesetzter axialer Richtung ausführt. Dabei gibt der stiftartige Vorsprung den Raum für den plastifizierten und verdrängten Werkstoff frei, was vorteilhaft im Zusammenhang mit der Ausbildbarkeit größerer Schweißpunktdurchmesser durch Verwendung des Hülselementes als Reibschweißwerkzeug ist.

Vorteilhafterweise ist der Betrag der axialen Bewegung des stiftartigen Vorsprungs und des ersten Hülselements derart gewählt, daß der Betrag im wesentlichen gleich ist, d.h., daß entsprechend der Angriffsfläche des stiftartigen Vorsprungs und des ersten Hülselements die verschobenen Werkstoffvolumina im wesentlichen gleich sind oder derart angepaßt, daß der plastifizierte Werkstoff während des gesamten Fügevorgangs unter einem gewissen hydrostatischen Druck gehalten wird, um insbesondere Zurückpressen des Werkstoffs eine optimale Anbindung an den Werkstoff der zu fügenden Werkstücke zu gewährleisten. Dadurch kann auf einfache Weise gewährleistet werden, daß tatsächlich der gesamte plastifizierte Werkstoff nach Abschluß der Ausbildung der Verbindung wiederum in die Werkstücke bzw. in den

Plastifizierungsbereich beider oder aller Werkstücke zurücküberführt wird.

Um dabei sicherzustellen, daß plastifizierter Werkstoff sowohl im Zuge des Eindringens des stiftartigen Vorsprungs in die Werkstücke hinein als auch im Zuge der Bewegung des stiftartigen Vorsprungs aus den Werkstücken hinaus nicht unkontrolliert in den Umgebungsbereich der Vorrichtung abfließt, ist vorteilhafterweise der stiftartige Vorsprung mit einem nicht rotierenden äußeren zweiten Hülselement umgeben, mit dem die Werkstücke zu Beginn der Ausführung des Verbindungsvorganges aneinander gedrückt werden. Dieses äußere zweite Hülselement hat somit einerseits die Aufgabe, die zu verbindenden Werkstücke wenigstens im Bereich der auszubildenden Verbindung im Zusammenwirken mit einem Gegenlager aneinander zu drücken, so daß zunächst im Verbindungsbereich der Werkstücke keine Spalten zwischen den Werkstücken vorhanden sind, und eine äußere Hülle zu bilden, die es dem plastifizierten Werkstoff im Zuge des Eindringens des stiftartigen Vorsprungs in die Werkstücke und des Herausziehens des stiftartigen Vorsprungs aus den Werkstücken nicht ermöglicht, unkontrolliert zu den Seiten abzufließen.

Dabei wird vorteilhafterweise das erste Hülselement, das zusammen mit dem stiftartigen Vorsprung rotiert, in dem äußeren zweiten Hülselement geführt.

Grundsätzlich ist es möglich, die axiale Bewegbarkeit des stiftartigen Vorsprungs und die axiale Bewegbarkeit des ersten Hülselements in entgegengesetzter Richtung dazu durch äußere Mittel erfolgen zu lassen, beispielsweise durch einen geeignet ausgebildeten Arbeits- und Werkzeugkopf eines Fertigungsroboters. Um aber die

Steuerungssequenzen eines Roboters oder einer sonstigen Einrichtung, mit der die erfindungsgemäße Vorrichtung betrieben wird, so weit wie möglich vom Fertigungsroboter bzw. von der Einrichtung fernzuhalten und ggf. schnell bei Betriebsstörungen die Vorrichtung gegen eine andere austauschen zu können, ohne eine Programmierung des Fertigungsroboters bzw. der Einrichtung vornehmen zu müssen, wird die Vorrichtung vorteilhafterweise derart ausgestaltet, daß die Steuerung der axialen Bewegbarkeit des stiftartigen Vorsprungs und die damit gekoppelte Steuerung der axialen Bewegbarkeit des ersten Hülselements in dazu entgegengesetzter Richtung durch als Wendelnuten in einem Stellringelement ausgebildete Kulissenführungen über darin hineingreifende Stellbolzen steuerbar ausgebildet, d.h. die axiale Bewegbarkeit des stiftartigen Vorsprungs und die damit gekoppelte axiale Bewegbarkeit des ersten Hülselements wird vorrichtungsintern realisiert.

Dazu ist vorteilhafterweise ein Gehäuse vorgesehen, in dem das Stellringelement mittels eines vom Gehäuseäußeren aus betätigbaren Handhebels drehbar aufgenommen wird.

Grundsätzlich kann der stiftartige Vorsprung in unmittelbarer axialer Verlängerung mit dem Ende einer Antriebsachse oder selbst auch noch als Antriebsachse ausgebildet sein, die beispielsweise in einen Roboter geeignet eingespannt wird. Da der stiftartige Vorsprung aber einer sehr großen mechanischen und thermischen Belastung bei der Ausführung einer Verbindung gemäß der Erfindung ausgesetzt ist, ist es vorteilhaft, den stiftartigen Vorsprung als gesondertes Teil auszubilden, um diesen im Bedarfsfalle schnell auswechseln zu können. Dazu ist vorteilhafterweise ein in der Vorrichtung

rotierend aufgenommenes Stifthalteelement vorgesehen, mit dem der stiftförmige Vorsprung lösbar verbindbar und auch rotierend antreibbar ist.

Da zur Ausführung einer Verbindung gemäß der Erfindung mehrerer Werkstücke der stiftartige Vorsprung eine Bewegung in axialer Richtung auf die Werkstücke zu ausführen muß, müßte die Vorrichtung, wenn sie beispielsweise in einem Fertigungsroboter oder eine sonstige geeignete Einrichtung eingespannt ist, entsprechend der axialen Bewegung verschoben werden, wobei diese Verschiebung beispielsweise der Antriebskopf eines Fertigungsroboters ausführen müßte. Um den Roboter von dieser Bewegungssequenz in beiden axialen Richtungen zu befreien und diese Möglichkeit der Bewegung auf die Vorrichtung selbst zu verlagern, ist es vorteilhaft, in das Stifthalteelement ein Wellenelement in Rotationsrichtung fest aber axial verschiebbar eingreifen zu lassen.

Vorzugsweise ist der stiftartige Vorsprung im Querschnitt kreisförmig ausgebildet, d.h. er weist eine im wesentlichen zylindrische Struktur auf. Es ist aber nicht zwingend, daß der stiftartige Vorsprung im Querschnitt kreisförmig ausgebildet ist, d.h. grundsätzlich eine beliebige geeignete Querschnittsform aufweisen kann.

Ebenso ist das Hülsenelement vorzugsweise mit einem im Querschnitt kreisförmigen axialen Durchgangsloch versehen, in dem der stiftartige Vorsprung aufgenommen und geführt wird, wobei der stiftartige Vorsprung in diesem Zusammenhang auch nicht zwingend im Querschnitt kreisförmig ausgebildet sein muß, denn es würde genügen, daß die Querschnittsform des stiftartigen Vorsprungs derart

gestaltet ist, daß eine drehsymmetrische Führung des stiftartigen Vorsprungs im Hülselement gewährleistet ist.

Schließlich kann es auch vorteilhaft sein, das Hülselement mit einem im Querschnitt nicht kreisförmigen axialen Durchgangsloch zu versehen, in dem der stiftartige Vorsprung aufgenommen und geführt wird. Dabei ist das Querschnittsprofil des stiftartigen Vorsprungs an das Querschnittsprofil des Durchgangslochs des Hülselements angepaßt, wobei grundsätzlich beliebige geeignete Querschnittsprofile sowohl des Durchgangslochs des Hülselements als auch des stiftartigen Vorsprungs möglich sind.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die nachfolgenden schematischen Zeichnungen anhand eines Ausführungsbeispiels eingehend beschrieben. Darin zeigen:

Fig. 1a.

bis

Fig. 1e. im Schnitt den schematischen Aufbau eines Kopfes der Vorrichtung 10, umfassend einen stiftartigen Vorsprung, ein erstes und ein zweites Hülselement, zwei beispielhaft zu verbindende Werkstücke und in unterschiedlichen Schritten zur Ausbildung einer Verbindung zweier Werkstücke den sich durch Plastifizierung des Werkstoffs der Werkstücke bildenden Verbindungsbereich vom Beginn der Ausbildung der Verbindung an bis zu ihrem Abschluß und

Fig. 2 in Form einer auseinandergezogenen Darstellung eine Vorrichtung gemäß der Erfindung in beispielhaft realisierter Form.

Es wird zunächst Bezug genommen auf Fig. 2, in der eine Vorrichtung 10, mit der auch das hier beschriebene Verfahren ausgeführt werden kann, in auseinandergezo-gener Darstellung dargestellt ist. Kernelemente der Vorrichtung 10 sind der stiftartige Vorsprung 16, das erste Hülsenelement 18, das zweite Hülsenelement 21 sowie die Antriebsachse 14, die hier aus dem Stift-halteelement 28 und dem Wellenelement 29 gebildet werden, vergleiche auch die entsprechenden Elemente in Fig. 1a. bis Fig. 1e.. Der stiftartige Vorsprung 16 und das erste Hülsenelement 18 können einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen, sie können aber auch geeignet profiliert sein, so daß sich ein Transportkanal für den plastifizierten Werkstoff 30 ergibt. Der stiftartige Vorsprung 16, der im ersten Hülsenelement 18 aufgenommen wird, und das erste Hülsenelement 18 selbst werden im zweiten Hülsenelement 21, das hier in Form eines Gehäusobodens der Vorrichtung 10 ausgebildet ist, geführt.

Zur Übertragung axialer Kräfte wird das erste Hülsen-element 18 in einen Hülsenhalter 31 eingeschraubt. Der stiftartige Vorsprung 16 wird mit Hilfe einer Stiftmutter 32 am Stifthalteelement 28 befestigt. Der Hülsenhalter 31 mit dem ersten Hülsenelement 18 ist genau wie das Stifthalteelement 28 mit dem stiftartigen Vorsprung 16 drehbar gelagert. Der Hülsenhalter 31 und das Stift-halteelement 28 sind über Lager 33, 34 in Haltelager-trägern 35, 36 gelagert. Mittels Halteringen 37, 38 werden die Lagerpakete zusammengehalten. Die Haltelager-träger 35, 36 gleiten axial im Stellring 23 und gewährleisten so die axiale Bewegung des ersten Hülsen-elements 18 und des stiftartigen Vorsprungs 16. Die Haltelagerträger 35, 36 sind gegen ein Verdrehen gesichert. Dieses wird durch Stellbolzen 24, beispielsweise je drei, bewirkt, die durch das Stellringelement 23



hindurch (Durchbrüche hier nicht dargestellt) in im ringförmig ausgebildeten Gehäuse 25 Nuten (hier nicht dargestellt) greifen, die nur eine axiale Bewegung zulassen.

Das Stellringelement 23 ist drehbar im Gehäuse 25 gelagert. Axiale Bewegungen werden durch die Lagerung im als Gehäuseboden fungierenden zweiten Hülsenelement 21 und im als Gehäuseabschluß fungierenden Wellenlagerträger 39 unterbunden. Das Stellringelement 23 weist dort, wo die Stellbolzen 24 von den Haltelagerträgern 35, 36 zum Stellringelement 23 durchstoßen, Wendelnuten auf. Es ergibt sich somit eine Steigung der Wendelnuten gegenüber der Drehachse 17. Eine Verdrehung des Stellringelements 23 bewirkt eine axiale Bewegung des ersten Hülsenelements 18 und des stiftartigen Vorsprungs 16. Die Verdrehung wird über einen Handhebel 27 von außen 26 erreicht, der in das Stellringelement 23 eingeschraubt wird. Der Handhebel 27 wird in einer am Umfang des Stellringelements geführten Nut (nicht dargestellt) geführt.

Das für den Betrieb der Vorrichtung 10 notwendige Drehelement wird über das einen Teil der Achse 14 bildende Wellenelement 29 eingeleitet, beispielsweise angetrieben durch einen hier nicht dargestellten Fertigungsroboter oder eine sonstige Antriebseinrichtung, und über eine Gleitfeder zum ebenfalls zur Antriebsachse 14 gehörigen Stifthalter 28 übertragen. Der Stifthalter 28 ist wiederum über eine Gleitfeder mit dem Hülsenhalter 31 verbunden. So kann das erforderliche Drehmoment zum stiftartigen Vorsprung 16 und zum ersten Hülsenelement 18 übertragen werden. Das Wellenelement 29 ist im Wellenlagerträger 39 über die Lager 33, 34 gelagert. Eine Deckscheibe 40 sichert das Lagerpaket.

Das Wellenelement 29 besitzt an seiner einen Seite ein für eine Werkzeugaufnahme (Fertigungsroboter, Antriebseinrichtung) passendes Profil. Am Gehäuse 25 ist ein Haltehebel angebracht, über den das Mitdrehen der Vorrichtung 10 bei einer Einleitung eines Drehmoments in das Wellenelement verhindert wird.

Zur Ausführung des Verfahrens mit der vorbeschriebenen Vorrichtung 10, vergleiche auch die Fig. 1a. bis 1c., wird die Vorrichtung 10 mit ihrem Wellenelement 29 in eine Werkzeugaufnahme einer Antriebseinheit (Fertigungsroboter, Antriebseinrichtung) eingeführt und fixiert. Unter der Vorrichtung 10 werden zwei Werkstücke 11, 12, beispielsweise in Form von Werkstücken aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen, aufeinander fixiert. Dabei wird unter der Vorrichtung ein Gegenlager 22 postiert. Über die Antriebseinheit werden die drehenden Teile der Vorrichtung 10, nämlich das erste Hülsenelement 18 sowie der stiftartige Vorsprung 16, auf die für die Ausbildung einer Punktschweißverbindung nötige Drehzahl gebracht. Die Vorrichtung 10 wird dabei mit dem Handhebel festgehalten, wobei diese Halterung natürlich auch durch das Antriebswerkzeug (Fertigungsroboter, Antriebseinrichtung) bewirkt werden kann. Zunächst wird das zweite Hülsenelemente 21, das den Gehäuseboden der Vorrichtung 10 darstellt, mit der Oberseite eines hier in den Fig. 1a. bis 1e. oben dargestellten Werkstücks 11 durch Zuführung der Vorrichtung 10 in Kontakt gebracht. Der Werkstoff des oberen Werkstücks 11 wird unter dem rotierenden stiftartigen Vorsprung 16 und zunächst auch dem rotierenden ersten Hülsenelement 18 plastifiziert.

Durch Betätigung des Handhebels 27, ggf. auch durch den Fertigungsroboter oder einer sonstigen Antriebseinrich-

tung, wird das Stellringelement 23 verdreht. Über die erwähnten Wendelnuten, die Stellbolzen 24 und den Haltelagerträger 35 wird das Stifthalteelement 28 mit dem stiftartigen Vorsprung 16 herunterbewegt entsprechend dem Pfeil 19. Der stiftartige Vorsprung 16 dringt in den Werkstoff ein, vergleiche Fig. 1b.. Das erste Hülsenelement 18 wird aufgrund des vorbeschriebenen Mechanismus entsprechend dem Pfeil 20 in entgegengesetzter axialer Richtung bewegt. Dazu sind auf vorbeschriebene Weise ausgebildete Wendelnuten, hier jedoch in entsprechend entgegengesetzter Richtung ausgebildet, vorgesehen. Das erste Hülsenelement 28 schafft aufgrund der entgegengesetzten axialen Bewegung 20 zur axialen Bewegung 19 des stiftartigen Vorsprungs 16 ein Raumvolumen, in den das durch den in die Werkstücke 11, 12 stiftartigen Vorsprung 16 erzeugte Volumen des plastifizierten Werkstoffs 30 eindringen kann. Ist die gewünschte axiale Eindringtiefe erreicht, vergleiche Fig. 1c., wird der Handhebel 27 zurückbewegt. Nun öffnet der sich in seine Ausgangsstellung zurückbewegende stiftartige Vorsprung 16 das Raumvolumen der Löcher in den Werkstücken 11, 12 für den durch das erste Hülsenelement 18 zurückgedrückten Werkstoff. Wenn der Handhebel 27 wieder in seiner Ausgangsstellung ist, kann die Vorrichtung 10 von den Werkstücken 11, 12 abgehoben werden.

Es sei in diesem Zusammenhang noch darauf hingewiesen, daß im vorbeschriebenen Beispiel lediglich zwei Werkstücke 11, 12 vorgesehen sind, die mittels der erfindungsgemäßen Punktschweißverbindung miteinander verbunden werden sollen. Es ist mit der Vorrichtung 10 bzw. dem erfindungsgemäßen Verfahren ebenfalls möglich, mehr als zwei Werkstücke miteinander zu verbinden. Die Verfahrensführung ändert sich als solche dabei grund-

sätzlich nicht. Auch die Vorrichtung 10 behält dabei ihren vorbeschriebenen prinzipiellen Aufbau bei.

Bezugszeichenliste

- 10 Vorrichtung
- 11 Werkstück
- 12 Werkstück
- 13 Verbindungsbereich
- 14 Achse
- 15 Ende (Achse)
- 16 stiftartiger Vorsprung
- 17 Drehachse
- 18 erstes Hülsenelement
- 19 axiale Bewegung (stiftartiger Vorsprung)
- 20 entgegengesetzte axiale Bewegung (erstes Hülsenelement)
- 21 zweites Hülsenelement
- 22 Gegenlager
- 23 Stellringelement
- 24 Stellbolzen
- 25 Gehäuse
- 26 Gehäuseäußeres
- 27 Handhebel
- 28 Stifthalteelement
- 29 Wellenelement
- 30 plastifizierter Werkstoff
- 31 Hülsenhalter
- 32 Stiftmutter
- 33 Lager
- 34 Lager
- 35 Haltelagerträger
- 36 Haltelagerträger
- 37 Haltering
- 38 Haltering
- 39 Wellenträger
- 40 Deckscheibe

Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens, wobei die Werkstücke dabei einen Verbindungsbereich zwischen sich einschließen, mittels eines rotierend angetriebenen stiftartigen Vorsprungs, der bei seiner Rotation in Kontakt mit dem Verbindungsbereich der Werkstücke den Verbindungsbereich wenigstens teilweise plastifiziert, dadurch gekennzeichnet, daß der stiftartige Vorsprung zur Ausführung einer Punktschweißverbindung durch den sich plastifizierenden Werkstoff wenigstens des ersten zum stiftartigen Vorsprung gerichteten Werkstücks hinein und hindurch bis wenigstens teilweise in ein letztes unteres sich plastifizierendes Werkstück hinein und nachfolgend wieder aus den Werkstücken heraus bewegt wird, so daß sich der plastifi-

zierte Werkstoff aller Werkstücke verbindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der durch das Eindringen des rotierenden stiftartigen Vorsprungs in ein erstes Werkstück hinein und durch die Werkstücke hindurch bzw. in das untere Werkstück hinein verdrängte Werkstoff in der unmittelbaren Umgebung des rotierenden stiftartigen Vorsprungs gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der verdrängte Werkstoff nach Abschluß der Plastifizierung der Werkstücke in wenigstens annähernd gleichem Maße wie der stiftartige Vorsprung aus den Werkstücken herausbewegt wird in die sich während der Plastifizierung ausgebildet habenden Löcher zurückgeführt wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verbindenden Werkstücke im Bereich der auszuführenden Punktschweißverbindung erwärmt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verbindenden Werkstücke sowohl von der Seite, von der aus die Punktschweißverbindung ausgeführt wird, als auch von der dazu abgewandten Seite aus erwärmt wird.

6. Vorrichtung zum Verbindungen von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens, wobei die Werkstücke dabei einen Verbindungsbereich zwischen sich einschließen, umfassend eine rotierend antreibbare Achse, an deren antriebs-

abgewandtem Ende ein stiftartiger Vorsprung ausgebildet ist, der bei seiner Rotation in Kontakt mit dem Verbindungsbereich der Werkstücke den Verbindungsbereich wenigstens teilweise plastifiziert wird, dadurch gekennzeichnet, daß der stiftartige Vorsprung (16) im wesentlichen längs seiner Drehachse (17) durch den sich plastifizierenden Werkstoff wenigstens eines ersten zum stiftartigen Vorsprung gerichteten Werkstücks (11) hindurch bis wenigstens teilweise in ein letztes unteres sich plastifizierendes Werkstück (12) hinein bewegbar ist.

7. Vorrichtung zum Verbinden von wenigstens zwei aneinanderliegenden Werkstücken nach der Methode des Reibschweißens, wobei die Werkstücke dabei einen Verbindungsbereich zwischen sich einschließen, umfassend eine rotierend antreibbare Achse, an der ein Reibschweißwerkzeug angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß als Reibschweißwerkzeug ein Hülsenelement (18) vorgesehen ist, das durch die Achse angetrieben wird und bei seiner Rotation in Kontakt mit dem Verbindungsbereich des zum Hülsenelement (18) gerichteten Werkstücks (11) bringbar ist, wobei das Hülsenelement (18) im wesentlichen längs seiner Drehachse (17) durch den sich plastifizierenden Werkstoff wenigstens des ersten Werkstücks (11) hindurch bis wenigstens teilweise in ein letztes unteres sich plastifizierendes Werkstück (12) hinein bewegbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der stiftartige Vorsprung (16) von einem mit diesem zusammen rotierend antreibbaren ersten Hülsenelement (18) umgeben ist, wobei bei axialer Bewegung (19) des stiftartigen Vorsprungs (16) in die Werkstücke (11) hinein bzw. durch diese hindurch das erste Hülsenelement



(18) eine Bewegung in entgegengesetzter axialer Richtung ausführt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das stiftartige Hülsenelement (18) in seinem Innenraum einen stiftartigen Vorsprung (16) aufweist, wobei bei axialer Bewegung (19) des Hülsenelementes (18) in die Werkstücke (11) hinein bzw. durch diese hindurch der stiftartige Vorsprung (16) eine Bewegung in entgegengesetzter axialer Richtung ausführt.

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrag der axialen Bewegung (19) des stiftartigen Vorsprungs (16) und des ersten Hülsenelements (18) im wesentlichen gleich ist.

11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der stiftartige Vorsprung (16) von einem nicht rotierenden äußeren zweiten Hülsenelement (21) umgeben ist, mit dem die Werkstücke (11, 12) bei der Ausführung des Verbindungsvorganges gegeneinander drückbar sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Hülsenelement (18) in dem äußeren zweiten Hülsenelement (21) geführt wird.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Bewegbarkeit (19) des stiftartigen Vorsprungs (16) und die damit gekoppelte axiale Bewegbarkeit (20) des ersten Hülsenelements (18) in entgegengesetzter Richtung durch als Wendelnuten in einem Stellringelement (23) ausgebil-

dete Kulissenführungen über darin hineingreifende Stellbolzen (24) steuerbar ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gehäuse (25) vorgesehen ist, in dem das Stellringelement (23) mittels eines vom Gehäuseäußeren (26) aus betätigbaren Handhebels (27) drehbar aufgenommen wird.

15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Stifthalteelement (28) vorgesehen ist, mit dem der stiftförmige Vorsprung (16) lösbar verbindbar und rotierend antreibbar ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß in das Stifthalteelement (28) ein Wellenelement (29) in Rotationsrichtung fest aber axial verschiebbar eingreift.

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der stiftartige Vorsprung (16) im Querschnitt kreisförmig ausgebildet ist.

18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der stiftartige Vorsprung (16) im Querschnitt nicht kreisförmig ausgebildet ist.

19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Hülselement (18) ein im Querschnitt kreisförmiges axiales Durchgangsloch aufweist, in dem der stiftartige Vorsprung (16) aufgenommen und geführt wird.

20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Hülselement (18) ein im Querschnitt nicht kreisförmiges axiales Durchgangsloch aufweist, in dem der stiftartige Vorsprung (16) aufgenommen und geführt wird.

sd

Fig. 1a.

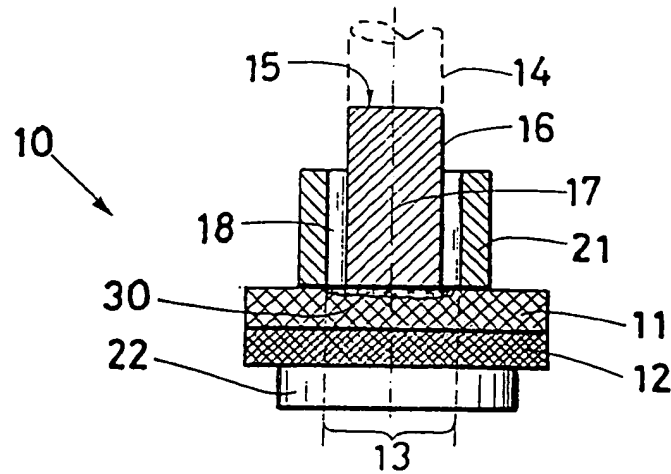


Fig. 1b.

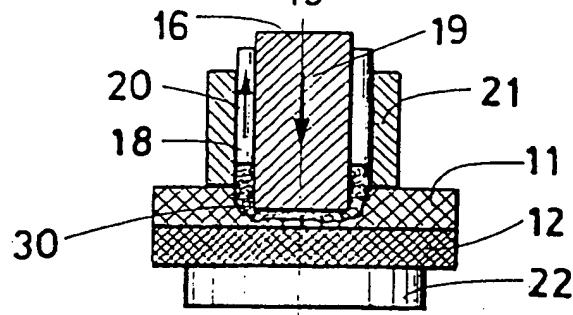


Fig. 1c.

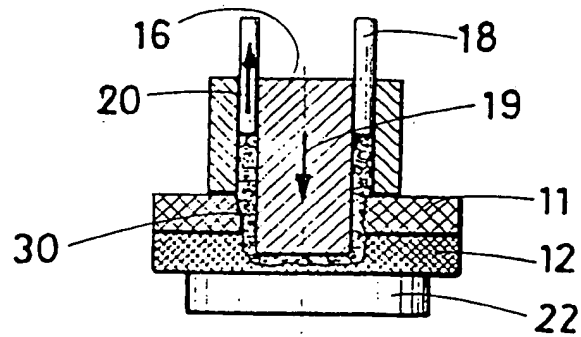


Fig. 1d.

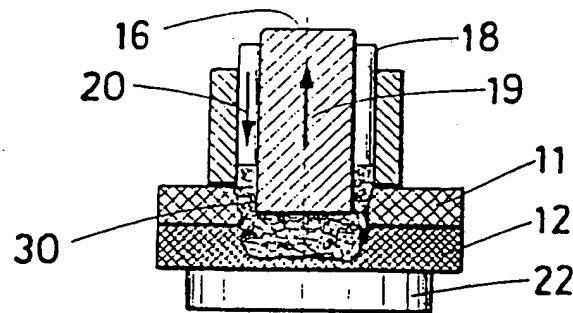
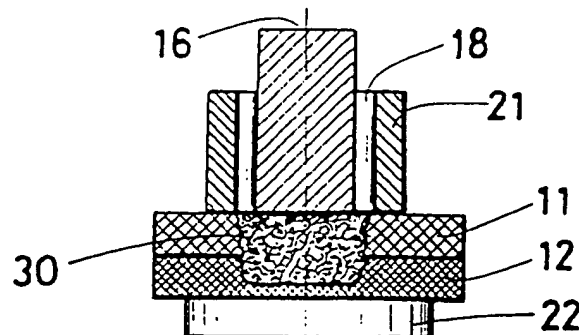
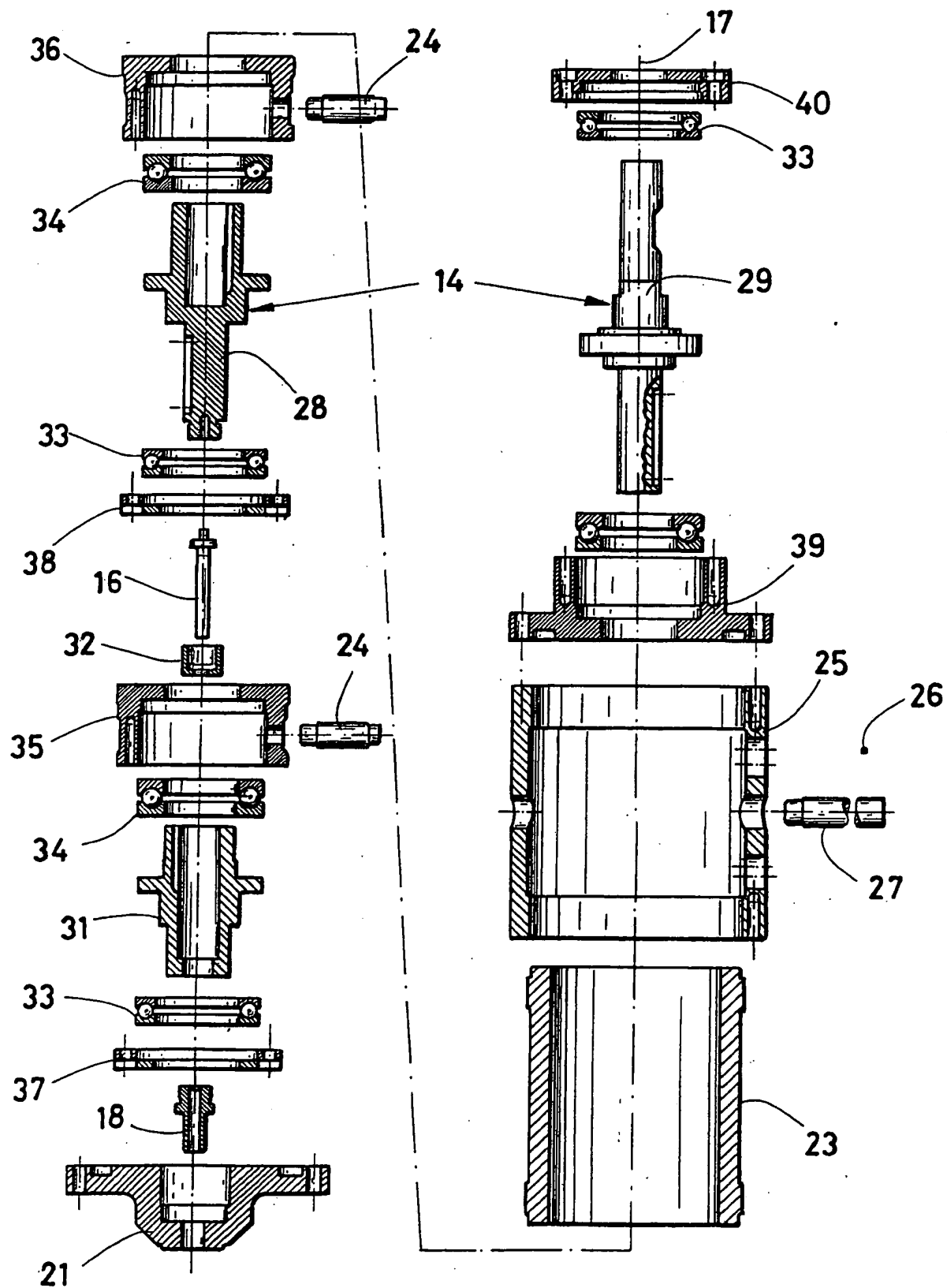


Fig. 1e.



2/2

Fig. 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/04054

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 B23K20/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98 04381 A (SUTHOFF BURKHARDT ;FRANZ UDO (DE); SCHAAF ANDREAS (DE); HENTSCHEL) 5 February 1998 (1998-02-05) abstract; claims; figures	1,4,6
Y A	---	2,5 3
Y	DE 197 31 638 A (SCHAAF ANDREAS) 28 January 1999 (1999-01-28) abstract	2
Y	US 5 829 664 A (SPINELLA DONALD J ET AL) 3 November 1998 (1998-11-03) abstract	5
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

**\* Special categories of cited documents :**

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2001

Date of mailing of the international search report

23/04/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haegeman, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/04054

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 697 544 A (WYKES DONALD H) 16 December 1997 (1997-12-16)	6, 7, 11
Y		15-17
A	column 2, line 20 -column 3, line 17	8-10, 12-14, 18-20
Y	----- US 5 893 507 A (DING R JEFFREY ET AL) 13 April 1999 (1999-04-13)	15-17
A	abstract; figures -----	7-14, 18-20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/04054

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9804381 A	05-02-1998	DE 19630271 A AU 3846997 A EP 0921893 A	23-04-1998 20-02-1998 16-06-1999
DE 19731638 A	28-01-1999	NONE	
US 5829664 A	03-11-1998	NONE	
US 5697544 A	16-12-1997	NONE	
US 5893507 A	13-04-1999	NONE	



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte .ionales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04054

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 B23K20/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 98 04381 A (SUTHOFF BURKHARDT ;FRANZ UDO (DE); SCHAAF ANDREAS (DE); HENTSCHEL) 5. Februar 1998 (1998-02-05)	1,4,6
Y	Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen	2,5
A	---	3
Y	DE 197 31 638 A (SCHAAF ANDREAS) 28. Januar 1999 (1999-01-28)	2
	Zusammenfassung	
Y	US 5 829 664 A (SPINELLA DONALD J ET AL) 3. November 1998 (1998-11-03)	5
	Zusammenfassung	
	---	
	---/---	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. April 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/04/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Haegeman, M

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 697 544 A (WYKES DONALD H) 16. Dezember 1997 (1997-12-16)	6,7,11
Y		15-17
A	Spalte 2, Zeile 20 -Spalte 3, Zeile 17	8-10, 12-14, 18-20
Y	----- US 5 893 507 A (DING R JEFFREY ET AL) 13. April 1999 (1999-04-13)	15-17
A	Zusammenfassung; Abbildungen -----	7-14, 18-20

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04054

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9804381	A	05-02-1998	DE 19630271 A	23-04-1998
			AU 3846997 A	20-02-1998
			EP 0921893 A	16-06-1999
DE 19731638	A	28-01-1999	KEINE	
US 5829664	A	03-11-1998	KEINE	
US 5697544	A	16-12-1997	KEINE	
US 5893507	A	13-04-1999	KEINE	

**A method of and apparatus for joining at least two  
abutting workpieces by the friction welding method**

Description

The invention relates to a method of joining at least two abutting workpieces by friction welding, the workpieces enclosing a connection zone between them, by means of a rotatably driven projection in the form of a pin which during its rotation in contact with the connection zone of the workpieces at least partially plasticises the connection zone, and to an apparatus with which a method of this kind can be performed.

A method and apparatus of a similar kind are known (EP-B-0 615 480). Friction welding, which is also often referred to as FSW (Friction Stir Welding), has been known basically for several years and has always been increasingly further developed. Originally, friction welding was carried out by moving two workpieces for interconnection by friction welding, against one another in the required connection zone and pressing them together with a preadjustable force. As a result of the heat forming by friction a plasticisation of the workpiece of the materials ultimately occurs in the connection zone. When the material has been adequately plasticised, adequate mixing of the materials of the two workpieces can take place at least in the connection zone near the surface, so

that on cooling the required welded connection is formed between the two workpieces.

In the method and apparatus referred to in the preamble, a projection in the form of a pin is given a suitable rotation by a drive or a motor, is applied to the end face zone of two workpieces for joining, which are placed substantially in abutment with one another, and the pin-like projection is guided suitably, something which can be done, for example, by a special guide device or by a robot, and is additionally moved in translation, for example, along the abutting edges of the two workpieces for joining. If the material is sufficiently plasticised after the start of the welding operation by the frictional heat generated as a result of the rotation of the pin-like projection with the material of the workpieces in the adjoining material zone, then the translational movement is performed along the abutting edge between the two workpieces while maintaining the rotational movement of the pin-like projection, so that a longitudinal seam is produced for example.

It is known that spot welded connections can be made to join two or more metal workpieces and compared with riveted or screwed connections they often have the advantage that no additional connecting elements (rivets, screws and the like) have to be used to form the spot welded connection, and in addition spot welding has the advantage that the formation of a spot welded joint can proceed faster, since there

is no need to drill holes through the workpieces to accommodate rivets and screws, through which holes the rivets and screws have to be pushed and then pressed together or joined together by the formation of a rivet head or the use of a nut for the screwed connection.

While it is simple to form a spot welded joint between two abutting workpieces of iron or steel including its alloys, with substantially no problems using conventionally available spot welding apparatus, the formation of a spot welded joint in the case of two abutting workpieces of aluminium or aluminium alloys, of the kind used, for example, in aircraft construction or automotive engineering, was and still is difficult. The reason for this is that aluminium and aluminium alloys form an extremely obstructive oxide layer in the surface zone with the atmospheric oxygen and on the one hand this forms a considerable electrical resistance between the workpieces for jointing and is also contained in the melted weld meniscus forming during the making of the resistance spot welded joint, so that aluminium oxide inclusions form in the plasticised zone of the workpieces for joining. Consequently, the spot weld joints of the conventional type which are of themselves good in the ideal case do not have the strength absolutely essential in many cases when the workpieces for jointing consist of aluminium.

For this reason, particularly in aircraft construction, where of course the quality of

connections between workpieces must meet the highest requirements, despite numerous experiments and despite some use of spot welded connections of the conventional type, riveted connections have again been used between workpieces for connection. Similar remarks apply to the automotive engineering industry, in which aluminium structures are increasingly used in chassis and bodywork.

) It is therefore the object of this invention to provide a method and an apparatus whereby a high-strength and high load carrying capacity connection can be made in simple manner between metallic and non-metallic workpieces for connection, without the need for additional connecting elements to form a connection, the method and apparatus being adaptable with high precision and reproducibly in simple manner to the quantity of workpieces for forming a connection between them suitable for forming joints free from material oxides and guaranteeing a substantially closed surface over the two sides of the connection after the process has been performed, ) the method and apparatus being simple to use with and in production robots.

The problem is solved by the method according to the invention wherein to perform a spot welded connection the pin-like projection is moved through the plasticising material at least of the first workpiece engaged by the pin-like projection and at least partially into a last bottom plasticising workpiece and is then moved out of the workpieces so

that the plasticised material of all the workpieces joins.

In these conditions the plasticised material is collected and pressed back into the cavity on the retraction of the pin-like projection.

The advantage of the method according to the invention is basically that unlike the procedure with the prior-art methods for joining two or more workpieces, no preparation of the connection site is required. There is no need to drill holes in the workpieces, no additional connecting means are required, no special operation is necessary, for example the formation of a rivet head or the fixing of a screw connection with a nut or the like, and, unlike stud friction welding, no bead of plasticised material forms nor a hole nor a recess, and even when workpieces are used which consist of aluminium, aluminium alloys and other light metals or alloys to be connected according to the invention, only minimum quantities of oxides can be expected to be included in a very secondary form, since the entire connection zone of all the workpieces for connection is plasticised and thoroughly mixed, i.e., inclusions of oxides near the surface such as occur with conventional spot welding cannot occur. Since the entire plasticised material after the performance of the connection process according to the invention is again pressed back into the hole in the connection zone forming in the workpieces during the performance of the process, the surface on the



active side, i.e. the side subjected to the action of the pin-like projection, is completely flat while the opposite side formed by the last workpiece for the connection according to the method is flat per se, since it is not traversed during the performance of the method.

In order to prevent the material displaced by the penetration of the rotating pin-like projection into the workpiece and through the workpieces and into the bottom workpiece from flowing uncontrollably into the surroundings and hence no longer being available to make the joint, the displaced material is preferably held in the immediate vicinity of the rotating pin-like projection.

Advantageously, after termination of the plasticisation of the workpieces the displaced material is moved, to at least approximately the same extent as the pin-like projection is moved out of the workpieces, back into the holes which have formed during the plasticisation, so as to ensure that the entire plasticised material forms the welded connection and the surface of the workpiece from which the pin-like projection penetrates into the workpieces is again completely flat after conclusion of the making of a joint. Thus at the same time, unlike stud friction welding, a very large load-bearing cross-section is available under shear loading, and this is equivalent to a high load carrying capacity.

In order to expedite the procedure, advantageously, the workpieces for joining are heated in the region of the required spot welded joint, while it may be advantageous if the workpieces for joining are heated both from the side on which the spot welded joint is carried out and on the side remote therefrom. The advantage of these steps is that it is not the entire heat input that has to be made by frictional heat during the making of the spot welded joint according to the invention, and instead a controlled pre-heating has the effect that only the difference between the heat input from the exterior and the heat input from the friction weld has to be provided by the friction welding process for plasticising the material.

The method according to the invention is considerably expedited as was the intention by this step.

The apparatus for joining at least two abutting workpieces by the friction welding method is characterised in that the pin-like projection is movable substantially along its rotational axis through the plasticising material of at least a first workpiece engaged by the pin-like projection at least partially into a last bottom plasticising workpiece.

In these conditions, the sleeve for enclosing the pin-like projection simultaneously frees the space for the plasticised material.

The advantage obtained with the apparatus according to the invention is basically the same advantage as mentioned above in connection with the method according to the invention. The speed of rotation of the pin-like projection can be selected and adjusted according to the workpieces, the number of workpieces, and the material of the workpieces. In addition, the speed of rotation of the pin-like projection can also be varied during the making of the joint itself, particularly if the pin-like projection is moved at least partially into a last bottom plasticising workpiece, i.e., in order to prevent plasticisation so taking place in the bottom workpiece in order to prevent piercing of the outer surface of the bottom workpiece or plasticisation of that surface.

Another solution of the apparatus according to the invention for joining at least two abutting workpieces by the friction welding method, wherein the workpieces enclose between them a connecting zone and on the apparatus side a rotary line of drive is provided, on which a friction welding tool is disposed at the end, is characterised according to the invention in that the friction welding tool comprises a sleeve element which is driven by the line of drive and is adapted to be brought, during its rotation, in contact with the connection zone of the workpiece facing the sleeve element, the latter being movable substantially along its rotational axis through the plasticising material at least of

the first workpiece to at least partially into a last bottom plasticising workpiece.

The advantages in connection with the method of the invention and the first solution for an apparatus according to the invention are also obtained with this additional solution for the apparatus, while in addition this second solution has the advantage for specific applications that a larger spot weld diameter is obtained by means of the sleeve element as the friction welding tool.

Advantageously, in the first solution, the pin-like projection is surrounded by a first sleeve element rotatably driven together with the pin, the first sleeve element performing a movement in the opposite axial direction during the axial movement of the pin-like projection into the workpieces and through the latter. Thus the movement process exerted by the penetration of the pin-like projection into the workpieces as a result of the plasticisation is controllably utilised for axial displacement of the first sleeve in the axially opposite direction to the direction of penetration of the pin-like projection into the workpieces, the first sleeve being moved on to the workpieces again in the axially opposite direction when the required depth of the spot weld has been reached and the pin-like projection has been retracted from the workpieces, in order controllably to press the plasticised material into the plasticisation zone of the workpieces.

Advantageously also in the second proposed solution for the apparatus according to the invention, the pin-like sleeve element has in its interior a pin-like projection, the latter performing a movement in the opposite axial direction on axial movement of the sleeve element into and through the workpieces. In these conditions the pin-like projection frees the space for the plasticised and displaced material, this being advantageous in connection with the fact that larger spot weld diameters can be formed by the use of the sleeve element as the friction welding tool.

Advantageously, the amount of the axial movement of the pin-like projection is substantially identical to that of the first sleeve element, i.e. in keeping with the area of attack of the pin-like projection and of the first sleeve element the displaced material volumes are substantially identical or so adapted that the plasticised material is kept under certain hydrostatic pressure during the entire jointing operation, in order particularly to ensure that the material is pressed back and provide an optimum bonding to the material of the workpieces for joining. This is a simple way of ensuring that in actual fact the entire plasticised material is returned, after the termination of the formation of the joint, into the workpieces or into the plasticisation zone of both or all the workpieces.

In order to ensure that plasticised material does not flow uncontrollably into the surroundings of the apparatus both during the penetration of the pin-like projection into the workpieces and during the movement of the pin-like projection out of the workpieces, advantageously, the pin-like projection is surrounded by a non-rotating outer second sleeve element by means of which the workpieces can be pressed against one another at the start of the joining process. Thus this outer second sleeve element on the one hand has the function of pressing together the workpieces for joining, at least in the region of the joint, in co-operation with a co-acting bearing, so that no gaps occur between the workpieces in the workpiece connection zone, and in order to form an outer envelope which prevents the plasticised material from flowing uncontrollably to the sides during the penetration of the pin-like projection into the workpieces and the removal of the pin-like projection from the workpieces.

Advantageously, the first sleeve element, which rotates together with the pin-like projections, is guided in the outer second sleeve element.

Basically, it is possible to provide the axial mobility of the pin-like projection and the axial mobility of the first sleeve element in the opposite direction by external means, for example by a suitably constructed working and tool head of a production robot. However, in order that the control sequences of a robot or some other device by

means of which the apparatus according to the invention is operated should be kept as far as possible away from the production robot or said device and, if necessary, to enable the apparatus to be replaced by another quickly in the event of malfunctioning, without having to program the production robot or the device, the apparatus is advantageously so constructed that the axial movability of the pin-like projection and the axial movability of the first sleeve element coupled therewith and in the opposite direction is controllable by means of slotted guides formed as helical grooves in an adjusting ring element by way of set bolts engaging therein, i.e., the axial mobility of the pin-like projection and the axial mobility of the first sleeve element coupled therewith is embodied within the apparatus.

Advantageously for this purpose, a housing is provided in which the adjusting ring element is rotatably received by means of a hand lever operable from the housing exterior.

Basically, the pin-like projection can be constructed in direct axial extension of the end of a drive shaft or even as a drive shaft itself, which, for example, is suitably clamped in a robot. Since, however, the pin-like projection is subjected to a very considerable mechanical and thermal loading during the making of a joint according to the invention, advantageously, the pin-like projection is constructed as a separate part so that it can be

rapidly replaced where necessary. To this end, advantageously, a pin holder element is provided which is rotatably received in the apparatus and by means of which the pin-like projection is releasably connectable and rotatably drivable.

Since, to make a joint according to the invention between a plurality of workpieces, the pin-like projection must perform a movement in the axial direction towards the workpieces, the apparatus, for example if clamped in a production robot or some other suitable device, would have to be displaced in accordance with the axial movement, this displacement being performed, for example, by the drive head of a production robot. In order to relieve the robot of this movement sequence in the two axial directions and to shift this movement possibility to the apparatus itself, advantageously, a shaft element engages fixedly in the direction of rotation but axially displaceably in the pin holder element.

Preferably, that the pin-like projection is circular in cross-section, i.e. it has a substantially cylindrical structure. It is not absolutely essential, however, for the pin-like projection to be circular in cross-section, i.e. basically any suitable cross-sectional shape can be selected.

Similarly, the sleeve element has an axial passage hole of circular cross-section in which the pin-like projection is received and guided, and in this



connection the pin-like projection need not necessarily be of circular cross-section, since it would be sufficient for the cross-sectional shape of the pin-like projection to be such as to ensure a rotationally symmetrical guidance of the pin-like projection in the sleeve element.

Finally, it may be advantageous if the sleeve element has an axial passage hole which is not circular in cross-section and in which the pin-like projection is received and guided. The cross-sectional profile of the pin-like projection is adapted in these conditions to the cross-sectional profile of the passage hole in the sleeve element, and basically any suitable cross-sectional profiles are possible both for the passage hole in the sleeve element and for the pin-like projection.

The invention will now be described in detail with reference to the accompanying diagrammatic drawings of one exemplified embodiment, wherein:

Figs. 1a to 1e are sections showing the diagrammatic construction of a head of the apparatus 10, comprising a projection in the form of a pin, a first and a second sleeve element, two workpieces as examples for joining and, at different stages for the formation of a joint between two workpieces, the connection zone forming as a result of plasticisation of the material of the workpieces, from the start of the formation of the connection until its conclusion and

---

Fig. 2 is an exploded illustration of an apparatus according to the invention in a form which has been embodied by way of example.

Reference will first be made to Fig. 2 which is an exploded view of an apparatus 10 with which the method described here can be performed. Core elements of the apparatus 10 are the projection 16 in the form of a pin, the first sleeve element 18, the second sleeve element 21 and the line of drive 14 which is formed here of the pin holder element 28 and the shaft element 29, see also the corresponding elements in Figs. 1a to 1e. The pin-like projection 16 and the first sleeve element 18 may have a circular cross-section or alternatively be suitably profiled so as to form a transport duct for the plasticised material 30. The projection 16, which is received in the first sleeve element 18, and the first sleeve element 18 itself, are guided in the second sleeve element 21, which in this case is constructed in the form of a housing base of the apparatus 10.

For the transmission of axial forces, the first sleeve element 18 is screwed into a sleeve holder 31. The pin-like projection 16 is fixed by a pin nut 32 on the pin holder element 28. The sleeve holder 31 with the first sleeve element 18 is mounted rotatably in exactly the same way as the pin holder element 28 with the pin-like projection 16. The sleeve holder 31 and the pin holder element 28 are

mounted by means of bearings 33, 34 in holder bearing members 35, 36. The bearing packets are held together by retaining rings 37, 38. The members 35, 36 slide axially in the adjusting ring 23 and thus ensure axial movement of the first sleeve element 18 and the pin-like projection 16. The members 35, 36 are secured against rotation. This is effected by set bolts 24, three in each case for example, which engage through the adjusting ring element 23 (openings not shown here) into grooves (not shown) in the annular housing 25, which allow only an axial movement.

The adjusting ring element 23 is mounted rotatably in the housing 25. Axial movements are prevented by the mounting in the second sleeve element 21 acting as the housing base, and the shaft bearing members 39 acting as the housing end. Where the set bolts 24 penetrate the members 35, 36 as far as the setting ring element 23, the latter has helical grooves so that the latter have a pitch relative to the rotational axis 17. A rotation of the adjusting ring element 23 results in an axial movement of the first sleeve element 18 and of the pin-like projection 16. Rotation is provided via a hand lever 27 from the exterior 26, said lever being screwed into the adjusting ring element 23. The hand lever 27 is guided in a groove (not shown) which is guided at the periphery of the adjusting ring element.

The rotation required to operate the apparatus 10 is transmitted via the shaft element 29 which forms one

part of the line of drive 14, and is driven for example by a production robot (not shown) or some other drive means, and is transmitted via a friction spring to the pin holder 28 which also belongs to the line of drive 14. The pin holder 28 is in turn connected via a friction spring to the sleeve holder 31. Thus the required torque can be transmitted to the pin-like projection 16 and to the first sleeve element 18. The shaft element 29 is mounted in the shaft bearing member 39 via the bearings 33, 34. An end plate 40 secures the bearing packet.

On one side, the shaft element 29 has a profile suitable for a tool holder (production robot, drive device). A stop lever is mounted on the housing 25 to prevent the apparatus 10 from co-rotating when torque is introduced into the shaft element.

To perform the method with the above-described apparatus 10, see also Figs. 1a to 1c, the apparatus 10 is introduced by its shaft element 29 into the tool holder of a drive unit (production robot, drive device) and fixed. Two workpieces 11, 12, for example in the form of workpieces of aluminium or aluminium alloys, are fixed one above the other beneath the apparatus 10. A co-acting bearing 22 is positioned beneath the apparatus. The rotating parts of the apparatus 10, namely the first sleeve element 18 and the pin-like projection 16, are then brought by the drive unit to the speed required to form a spot welded joint. The apparatus 10 is stopped with the hand lever, something which can of

course also be effected by the drive tool (production robot, drive device). The second sleeve element 21 which forms the housing base of the apparatus 10 is then brought into contact with the top of a workpiece 11, shown at the top in Figs. 1a to 1e, by feeding the apparatus 10. The material of the top workpiece 11 is plasticised beneath the rotating pin 16 and initially also the rotating first sleeve element 18.

By actuation of the hand lever 27, and if required by means of the production robot or some other drive device, the adjusting ring element 23 is rotated. The pin holder element 28 with the pin-like projection 16 is moved down in the direction of arrow 19 by means of the said helical grooves, the set bolts 24 and the bearing members 35. The pin-like projection 16 penetrates into the material, see Fig. 1b. Because of the above-described mechanism, the first sleeve element 18 is moved in the opposite axial direction in accordance with the arrow 20.

For this purpose, helical grooves are provided which are constructed in the manner described hereinbefore but in the correspondingly opposite direction. Because of the opposed axial movement 20 the first element 28 creates a space for the axial movement 19 of the pin 16, into which space the volume of plasticised material 30 produced by the pin 16 in the workpieces 11, 12 can penetrate. When the axial depth of penetration has been reached, see Fig. 1c, the hand lever 27 is moved back. The pin-like projection 16 returning to its initial position

now opens the space of the holes in the workpieces 11, 12 for the material forced back by the first sleeve element 18. When the hand lever 27 is back in its initial position, the apparatus 10 can be lifted away from the workpieces 11, 12.

In this connection it should be pointed out that in the example described above only two workpieces 11, 12 are provided for interconnection by the spot welding joint according to the invention. With the apparatus 10 and the method according to the invention it is also possible to join together more than two workpieces. The method procedure does not basically change as such. The apparatus 10 also retains its above-described basic structure.

**List of references**

- 10 Apparatus
  - 11 Workpiece
  - 12 Workpiece
  - 13 Joint zone
  - 14 Line of drive
  - 15 End (line of drive)
  - 16 Pin-like projection
  - 17 Rotational axis
  - 18 First sleeve element
  - 19 Axial movement (pin-like projection)
  - 20 Opposite axial movement (first sleeve element)
  - 21 Second sleeve element
  - 22 Co-acting bearing
  - 23 Adjusting ring element
  - 24 Set bolt
  - 25 Housing
  - 26 Housing exterior
  - 27 Hand lever
  - 28 Pin holder element
  - 29 Shaft element
  - 30 Plasticised material
  - 31 Sleeve holder
  - 32 Pin nut
  - 33 Bearing
  - 34 Bearing
  - 35 Holder bearing member
  - 36 Holder bearing member
  - 37 Holder ring
  - 38 Holder ring
  - 39 Shaft member
-

40 End plate

---



**C L A I M S**

1. A method of joining at least two abutting workpieces by friction welding, the workpieces enclosing a connection zone between them, by means of a rotatably driven projection in the form of a pin which during its rotation in contact with the connection zone of the workpieces at least partially plasticises the connection zone, characterised in that to ,ale a spot welded connection the pin-like projection is moved through the plasticising material at least of the first workpiece facing the pin-like projection and at least partially into a last bottom plasticising workpiece and is then moved out of the workpieces so that the plasticised material of all the workpieces joins.

2. A method according to claim 1, characterised in that the material displaced by the penetration of the rotating pin-like projection into a first workpiece and through the workpieces and into the bottom workpiece is held in the immediate vicinity of the rotating pin-like projection.

3. A method according to claim 2, characterised in that after termination of the plasticisation of the workpieces the displaced material is moved, to at least approximately the same extent as the pin-like projection is moved out of the workpieces, back into the holes which have formed during the plasticisation.

4. A method according to any one of claims 1 to 3, characterised in that the workpieces for joining are heated in the region of the required spot welded joint.

5. A method according to claim 4, characterised in that the workpieces for joining are heated both from the side on which the spot welded joint is carried out and on the side remote therefrom.

6. Apparatus for connecting at least two abutting workpieces by friction welding, the workpieces enclosing a connection zone between them, comprising a rotatably driven line of drive at the end of which remote from the drive there is formed a projection in the form of a pin which during its rotation in contact with the connection zone of the workpieces at least partially plasticises the connection zone, characterised in that the pin-like projection (16) is movable substantially along its rotational axis (17) through the plasticising material of at least a first workpiece (11) facing the pin-like projection and at least partially into a last bottom plasticising workpiece (12).

7. Apparatus for the joining of at least two abutting workpieces by friction welding, the workpieces enclosing a connection zone between them, comprising a rotatably driven line of drive on which there is disposed a friction welding tool, characterised in that the friction welding tool comprises a sleeve element (18) which is driven by

the line of drive and is adapted to be brought, during its rotation, into contact with the connection zone of the workpiece (11) facing the sleeve element (18), the latter being movable substantially along its rotational axis (17) through the plasticising material at least of the first workpiece (11) to at least partially into a last bottom plasticising workpiece (12).

8. Apparatus according to claim 6, characterised in that the pin-like projection (16) is surrounded by a first sleeve element (18) rotatably driven together with the pin (16), the first sleeve element (18) performing a movement in the opposite axial direction during the axial movement (19) of the pin-like projection (16) into the workpieces and through the latter.

9. Apparatus according to claim 7, characterised in that the pin-like sleeve element (18) has in its interior a pin-like projection (16), the latter performing a movement in the opposite axial direction on axial movement (19) of the sleeve element (18) into and through the workpieces (11).

10. Apparatus according to one or more of claims 7 to 9, characterised in that the amount of the axial movement (19) of the pin-like projection (16) is substantially identical to that of the first sleeve element (18).

11. Apparatus according to any one or more of claims 6 to 10, characterised in that the pin-like projection (16) is surrounded by a non-rotating outer second sleeve element (21) by means of which the workpieces (11, 12) can be pressed against one another during the performance of the joining process.

12. Apparatus according to claim 11, characterised in that the first sleeve element (18) is guided in the outer second sleeve element (21).

13. Apparatus according to any one or more of claims 6 to 12, characterised in that the axial movability (19) of the pin-like projection (16) and the axial movability (20) of the first sleeve element (18) coupled therewith and in the opposite direction is controllable by means of slotted guides formed as helical grooves in an adjusting ring element (23) by way of set bolts (24) engaging therein.

14. Apparatus according to claim 13, characterised in that a housing (25) is provided in which the adjusting ring element (23) is rotatably received by means of a hand lever (27) operable from the housing exterior (26).

15. Apparatus according to any one or more of claims 6 to 14, characterised in that a pin holder element (28) is provided by means of which the pin-

like projection (16) is releasably connectable and rotatably drivable.

16. Apparatus according to claim 15, characterised in that a shaft element (29) engages fixedly in the direction of rotation but axially displaceably in the pin holder element (28).

17. Apparatus according to any one or more of claims 6 to 16, characterised in that the pin-like projection (16) is circular in cross-section.

18. Apparatus according to any one or more of claims 6 to 16, characterised in that the pin-like projection (16) is not circular in cross-section.

19. Apparatus according to any one or more of claims 7 to 17, characterised in that the sleeve element (18) has an axial passage hole of circular cross-section in which the pin-like projection (16) is received and guided.

20. Apparatus according to any one or more of claims 7 to 18, characterised in that the sleeve element (18) has an axial passage hole which is not circular in cross-section and in which the pin-like projection (16) is received and guided.